



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 195 29 152 A 1

⑤1 Int. Cl.⁸:
H01 F 7/121
H 01 F 7/13
F 01 L 9/04

②1 Aktenzeichen: 195 29 152.2
②2 Anmeldetag: 8. 8. 95
④3 Offenlegungstag: 13. 2. 97

DE 195 29 152 A 1

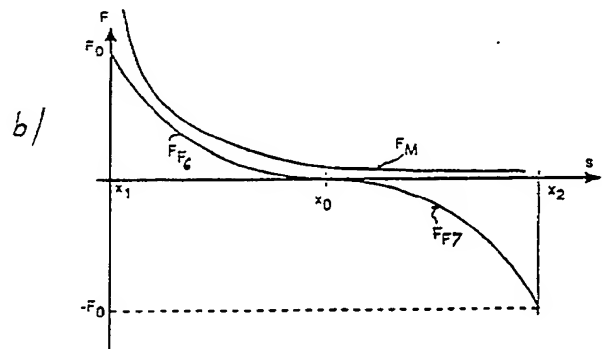
⑦1 Anmelder:
FEV Motorentechnik GmbH & Co. KG, 52078 Aachen,
DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑦2 Erfinder:
Schmitz, Günter, Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;
Schebitz, Michael, Dipl.-Ing., 52068 Aachen, DE;
Esch, Thomas, Prof. Dr.-Ing., 52070 Aachen, DE

⑤4 Aus der Ruhelage selbstanziehender elektromagnetischer Aktuator

⑤7 Elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes (2), mit wenigstens einem Elektromagneten (4) und einem mit dem Stellglied (2) verbundenen Anker (3), der gegen die Kraft einer Rückstellfeder (6) aus seiner Ruhelage in Richtung auf den Elektromagneten (4) bewegbar ist, mit einer Rückstellfeder (6), die eine nicht lineare, bezogen auf die Ruhelage des Ankers (3) progressiv ansteigende Kennlinie aufweist.



DE 195 29 152 A 1

Die folgend n Angaben ind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 95 602 067/161

6/28

Beschreibung

Bei elektromagnetischen Aktuatoren, wie sie beispielsweise an Verbrennungsmotoren zur Betätigung von Einspritzventilen aber auch zur Betätigung der Gaswechselventile eingesetzt werden, besteht häufig die Anforderung, hohe Schaltgeschwindigkeiten bei gleichzeitig hohen Schaltkräften zu realisieren. Je nach Anwendungsfall weist ein derartiger elektromagnetischer Aktuator wenigstens einen Elektromagneten auf, dem ein mit dem zu betätigenden Stellglied verbundener Anker zugeordnet ist, der gegen die Kraft einer Rückstellfeder aus seiner Ruhelage in Richtung auf den Elektromagneten bewegbar ist.

Speziell zur Betätigung der Gaswechselventile an Verbrennungsmotoren weist ein derartiger elektromagnetischer Aktuator einen mit dem zu betätigenden Stellglied, hier dem Gaswechselventil, verbundenen Anker auf, der durch zwei gegeneinander wirkende Rückstellfedern in einer Ruheposition zwischen zwei Elektromagneten gehalten wird und der bei Bestromung der Elektromagneten wechselweise durch den einen, als Schließmagneten und durch den anderen, als Öffnermagneten arbeitenden Elektromagneten aus der Ruhelage angezogen und für die Dauer der jeweiligen Strombeaufschlagung in der betreffenden Schließstellung bzw. Öffnungsstellung gehalten wird. Zur Betätigung des Gaswechselventils, d. h. zur Einleitung der Bewegung aus der geschlossenen in die geöffnete Position und umgekehrt, wird jeweils der Haltestrom an dem haltenden Elektromagneten abgeschaltet. Hierdurch fällt die Haltekraft des betreffenden Elektromagneten unter die Federkraft der Rückstellfeder ab und der Anker beginnt, durch die Federkraft beschleunigt, sich zu bewegen. Nach dem Durchgang des Ankers durch seine Ruheposition wird der "Flug" des Ankers durch die Federkraft der gegenüberliegenden Rückstellfeder abgebremst. Um nun den Anker in der anderen Position zu fangen und zu halten, wird der betreffende Magnet bestromt. Für diesen "Fangvorgang" ergibt sich das Problem, daß, solange der Anker noch weit entfernt ist, die Krafteinwirkung in den Anker aufgrund des hohen Luftspaltes zwischen der Polfläche des jeweils fangenden Elektromagneten und dem Anker noch relativ gering ist. Im Betrieb ist dieses Problem jedoch nicht so gravierend, da der Anker beim Durchgang durch seine Ruheposition noch genügend kinetische Energie hat, um so nahe an die Polfläche des fangenden Magneten zu gelangen, daß die Magnetkraft größer ist als die gegengerichtete Federkraft der zugeordneten Rückstellfeder. Soll aber der ruhende Anker vor dem Startvorgang aus seiner Ruheposition in eine der beiden Endlagen gebracht werden, so reicht die Magnetkraft nicht aus, um die Federkraft zu überwinden.

Zur Lösung dieses Problems wurden bereits verschiedene Methoden vorgeschlagen. So ist in DE-A-30 24 109 ein Verfahren beschrieben, bei dem ein zusätzlicher Startmagnet vorgesehen ist, der die Gleichgewichtslage aus einer Endposition in eine Mittellage verschiebt. In DE-A-35 13 109 wird ein System beschrieben, bei dem die Ruhelage außerhalb der Mittellage zwischen den beiden Elektromagneten liegt. Beide Verfahren benötigen jedoch einen zusätzlichen Startmagneten. Dies ist sowohl aus Gründen des Energieaufwandes als auch wegen des hohen Raumaufwandes nachteilig. In DE-A-33 07 683 und DE-A-33 07 070 wird darüber hinaus jeweils ein Verfahren beschrieben, bei dem der Anker durch wechselseitige Erregung der bei-

den Magneten angeschwungen wird, bis die Schwingungsamplitude des Ankers ausreicht, um diesen in die Nähe der Polfläche eines der Magneten zu bringen, so daß er zuverlässig eingefangen wird.

Bei diesen vorbekannten Verfahren und Anordnungen liegt der Nachteil in einem relativ hohen Energiebedarf für den Startvorgang. Bei der Anwendung an Verbrennungsmotoren muß für den Start jedoch die gesamte Energie aus einer Batterie bereitgestellt werden, so daß eine hohe Startenergie, wie sie insbesondere bei vielventiligen Motoren erforderlich ist, unbedingt vermieden werden muß.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen elektromagnetischen Aktuator zu schaffen, der so ausgelegt ist, daß er auch aus der Ruhelage des Ankers ohne zusätzliche Maßnahmen gestartet werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst bei einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes, mit wenigstens einem Elektromagneten und einem mit dem Stellglied verbundenen Anker, der gegen die Kraft einer Rückstellfeder auf seiner Ruhelage in Richtung auf den Elektromagneten bewegbar ist, mit einer Rückstellfeder, die eine nicht lineare, bezogen auf die Ruhelage des Ankers, progressiv ansteigende Kennlinie aufweist. Diese Anordnung hat bei entsprechender Auslegung der Kennlinie der Rückstellfeder den Vorteil, daß der Anker über den Elektromagneten immer aus der Ruhelage angezogen werden kann, da durch den Verlauf der Federkennlinie in bezug auf den Verlauf der Magnetkraft im Verhältnis zum Abstand des Ankers zur Polfläche des Magneten die Magnetkraft immer größer ist als die Kraft der Rückstellfeder. Dadurch ist es möglich, ohne zusätzlich hohen Energieaufwand den Anker auch aus der Ruhelage anzuziehen.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist gemäß der Erfindung ein elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils vorgesehen, das mit einem Anker in Verbindung steht, der durch einen Schließmagneten in Ventilschließstellung und einen Öffnermagneten in Ventilöffnungsstellung jeweils gehalten wird, wobei die Bewegung des Ankers aus der einen Stellung jeweils in die andere Stellung durch Abschalten des Stromes am jeweils haltenden Magneten und der Einwirkung einer zugeordneten Rückstellfeder aus der Ruhelage eingeleitet wird, wobei zumindest die dem Schließmagneten zugeordnete Rückstellfeder eine nicht lineare, progressiv ansteigende Kennlinie aufweist. Diese Bauform eines elektromagnetischen Aktuators zur Betätigung eines Gaswechselventils weist den Vorteil auf, daß für den Startvorgang aus der Ruhelage weder ein übermäßiger Energieaufwand durch eine hohe Bestromung des anziehenden Magneten, noch ein zusätzlicher Startmagnet erforderlich ist.

Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils,

Fig. 2 Kraftwegdiagramme für die Magnetkraft und die Federkraft.

In Fig. 1 ist ein elektromagnetischer Aktuator 1 schematisch dargestellt, der einen mit einem Gaswechselventil 2 verbundenen Anker 3 sowie einen dem Anker 3 zugeordneten Schließmagneten 4 und einen Öffnermagneten 5 aufweist. Der Anker 3 wird über Rückstellfedern 6 und 7 bei stromlos gesetztem Magneten in einer Ruhelage zwischen den beiden Magneten 4 und 5 gehalten, wobei der jeweilige Abstand zu den Polflächen 8

der Magneten 4, 5 von der Auslegung der Federn 6 und 7 abhängt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beiden Federn 6 und 7 gleich ausgelegt, so daß die Ruhelage des Ankers 3 sich in der Mitte zwischen den beiden Polflächen 8 befindet, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist.

In Schließstellung liegt der Anker 3 an der Polfläche des Schließmagneten 4 an.

Zur Betätigung des Gaswechselventils 2, d. h. zur Einleitung der Bewegung aus der geschlossenen Position in die geöffnete Position, wird der Haltestrom am Schließmagneten 4 abgeschaltet. Hierdurch fällt die Haltekraft des Schließmagneten 4 unter die Federkraft der Rückstellfeder 6 ab und der Anker 3 beginnt, durch die Federkraft beschleunigt, sich zu bewegen. Nach dem Durchgang des Ankers 3 durch seine Ruheposition wird der "Flug" des Ankers durch die Federkraft der dem Öffnermagneten 5 zugeordneten Rückstellfeder 7 abgebremst. Um nun den Anker 4 in der Öffnungsposition zu fangen und zu halten, wird der Öffnermagnet 5 mit Strom beaufschlagt. Zum Schließen des Gaswechselventils erfolgt dann der Schaltungs- und Bewegungsablauf in umgekehrter Richtung.

In Fig. 2 ist im Diagramm der Verlauf der Magnetkraft F_M beispielsweise des Schließmagneten 4 in bezug auf den Abstand zu seiner Polfläche 8 wiedergegeben. Die zugehörigen Rückstellfedern 6 und 7 sind üblicherweise linear ausgelegt, wie dies durch den dargestellten Verlauf der Federkraft F_F wiedergegeben ist. Der Schnittpunkt x_0 zeigt in diesem Diagramm die Mittellage des Ankers 3 bei stromlosen Haltemagneten an, während der Punkt x_1 der Endlage des Ankers an der Polfläche 8 des Schließmagneten 4 und der Punkt x_2 der Endlage des Ankers an der Polfläche 8 des Öffnermagneten 5 entspricht.

Die in der jeweiligen Endlage erforderliche Federkraft sei F_0 . Durch die Überlagerung der Kraft der Rückstellfeder 6 und der Rückstellfeder 7 ergibt sich ein Kräftegleichgewicht in der Ruhelage x_0 bei linearem Verlauf der Kraft bis zu den jeweiligen Endlagen.

Die Magnetkraft F_M ist der Federkraft F_F entgegengerichtet und zeigt eine quadratische Abnahme bei Erhöhung des Abstandes zwischen Anker und zugehöriger Polfläche. Hieraus ist ersichtlich, daß der Anker aus seiner Ruhelage x_0 nicht angezogen werden kann, da es einen Zwischenbereich 14 gibt, in dem die Federkraft F_F größer ist als die Magnetkraft F_M .

Verwendet man nun für die Rückstellfedern 6 und 7 Federn mit progressiven Kennlinien, so ergeben sich für einen elektromagnetischen Aktuator in der anhand von Fig. 1 dargestellten Bauweise die in Fig. 2b dargestellten Kraftverläufe.

Der Verlauf der Magnetkraft entspricht der Darstellung in Fig. 2a. Bei entsprechender Auslegung der Rückstellfedern 6 und 7 mit progressiven Kennlinien ergeben sich die in Fig. 2b dargestellten Kraftverläufe mit dem Kurventeil F_{F6} für die Rückstellfeder 6 und F_{F7} für die Rückstellfeder 7 bei identischer Federauslegung. Es ist ersichtlich, daß die Magnetkraft F_M bei jedem Abstand des Ankers 3 von der Polfläche 8 des Schließmagneten 4 höher ist als die Federkraft, so daß der Anker aus der Ruhelage x_0 ohne zusätzlichen Energieaufwand angezogen werden kann. Auch ein "Abbremsen" des Ankers, beispielsweise bei Betriebsweisen mit vermindertem Ventilhub durch vorzeitige Einschalten des Schließstromes ist wirksam möglich.

Da der Verlauf der Magnetkraft für den Öffnermagneten 5 zu dem Verlauf der Federkennlinie F_{F7} der

Rückstellfeder 7 entsprechend ist, ist bei stromlos gesetztem Aktuator auch für den Normalbetrieb ein Start je nach der Vorgabe durch das Steuerprogramm aus der Ruhelage heraus sowohl in die Schließstellung als auch in die Offenstellung möglich.

Wird nur eine der beiden Rückstellfedern, beispielsweise die Rückstellfeder 6 progressiv ausgelegt, so ergibt sich der in Fig. 2c dargestellte Verlauf der Federkraft. Auch hier ergibt sich, daß die Magnetkraft F_M bei jedem Abstand höher ist als die Federkraft F_{F6} . Es stellt sich im übrigen eine neue Ruhelage x'_0 ein, bei der ohne das Vorhandensein einer Magnetkraft ein Kräftegleichgewicht zwischen den beiden Federn herrscht. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß auch über die Auslegung der Federn die Ruhelage x_0 in bezug auf die Polflächen 8 der beiden Magneten 4 und 5 beeinflusst werden kann, was im übrigen auch bei linearen Federn durch Veränderung der Vorspannung an einer der beiden Rückstellfedern ebenfalls möglich ist.

Aus der Darstellung des Kräfteverlaufs gemäß Fig. 2c im Vergleich zu dem Kräfteverlauf gem. Fig. 2a ist zu erkennen, daß die hier vorgeschlagene Lösung zur Verwendung progressiver Federn auch für elektromagnetische Aktuatoren eingesetzt werden kann, bei denen der Anker nur durch einen Elektromagneten jeweils aus der Ruhelage gegen die Kraft einer Rückstellfeder angezogen und beim Stromlossetzen des Elektromagneten wieder in die Ruhelage zurückfällt.

Bei der vorgeschlagenen Konzeption ist jedoch zu beachten, daß die Bewegungszeit des Ankers aufgrund der reduzierten beschleunigenden Kräfte länger ist. Dies kann jedoch durch eine Erhöhung der Federkraft F_0 kompensiert werden, d. h. der Federkraft, die auf den Anker einwirkt, wenn dieser an der Polfläche des betreffenden haltenden Magneten anliegt. Bei einer derartigen Auslegung übersteigt der Verlauf der Federkraft den Verlauf der Magnetkraft an keiner Stellung. Selbst wenn dies der Fall sein sollte, kann, sofern der entsprechende Bereich, in dem die Federkraft die Magnetkraft übersteigt, klein gehalten wird, aufgrund einer zu Beginn der Bewegung aus der Ruhelage heraus aufgebauten kinetischen Energie des Ankers dieser Überschneidungsbereich überbrückt werden.

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes (2), mit wenigstens einem Elektromagneten (4) und einem mit dem Stellglied (2) verbundenen Anker (3), der gegen die Kraft einer Rückstellfeder (6) aus seiner Ruhelage in Richtung auf den Elektromagneten (4) bewegbar ist, mit einer Rückstellfeder (6), die eine nicht-lineare, bezogen auf die Ruhelage des Ankers (3) progressiv ansteigende Kennlinie aufweist.

2. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1 zur Betätigung eines Gaswechselventiles, das mit einem Anker (3) in Verbindung steht, der durch einen Schließmagneten (4) in Ventilschließstellung und einen Öffnermagneten (5) in Ventilöffnungsstellung jeweils gehalten wird, wobei die Bewegung des Ankers (3) aus der einen Stellung jeweils in die andere Stellung durch Abschalten des Stroms am jeweils haltenden Magneten (4, 5) und der Einwirkung einer zugeordneten Rückstellfeder (6, 7) aus der Ruhelage eingeleitet wird, wobei zumindest die



Ä
S

5

6

dem Schließmagneten (4) zugeordnete Rückstellfeder (6) eine nicht lineare, progressiv ansteigende Kennlinie aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

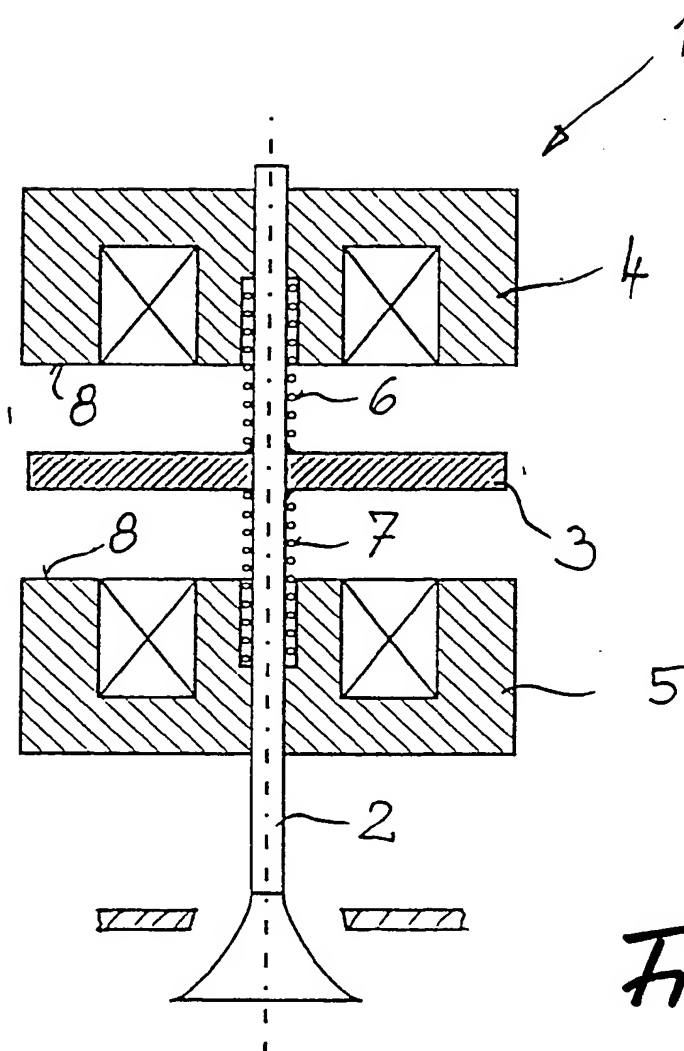


Fig. 1

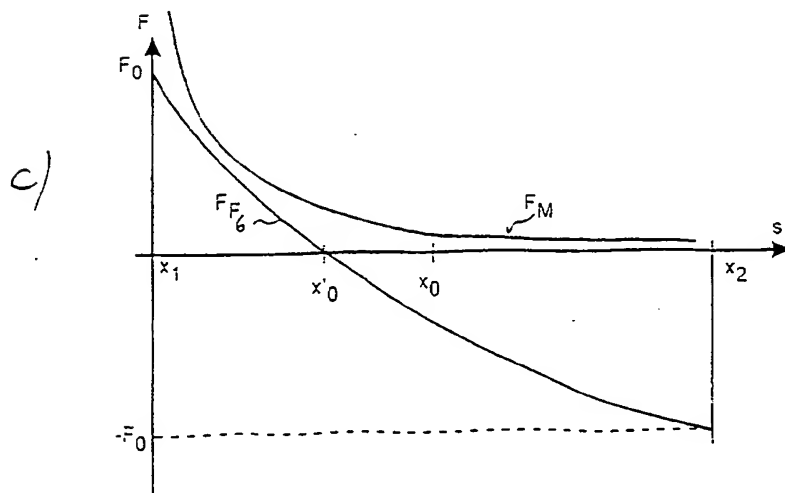
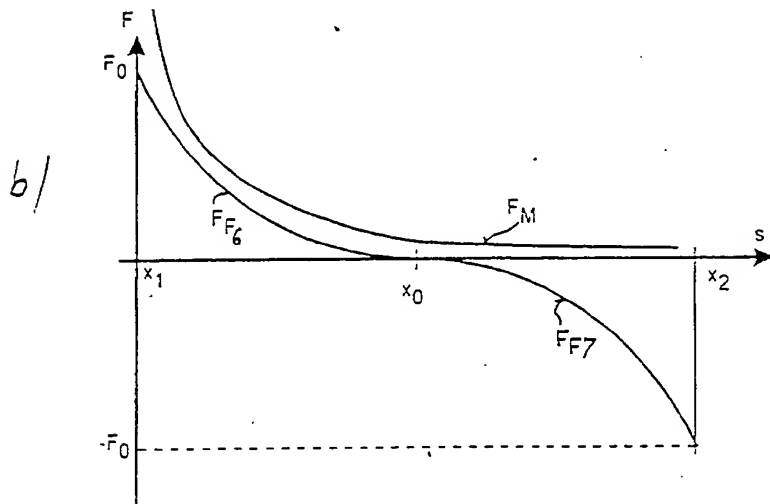
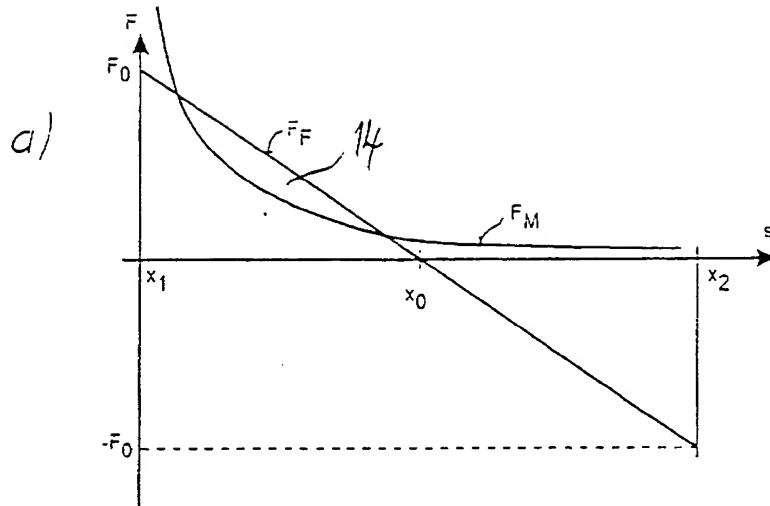


Fig. 2